

# FUEL CELL DEVICE AND METHOD OF OPERATING THE SAME

[71] Applicant: MITSUBISHI HEAVY  
IND LTD

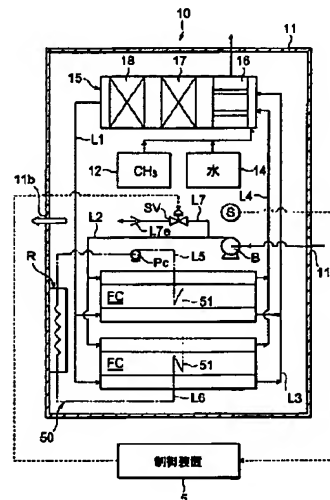
[72] Inventors: OMOTO SETSUO;  
KONDO MASAMI; FUJIKAWA KEIJI

[21] Application No.: JP2000243118

[22] Filed: 20000810

[43] Published: 20020222

[Go to Fulltext](#)



## [57] Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a fuel cell device capable of certainly securing the safety even if the fuel gas leaks during the operation of the fuel cell, and to provide a method of operating the fuel cell device. **SOLUTION:** This fuel cell device 10 is formed by housing a fuel cell FC, a fuel supply part 12, a water supply part 14, a reformer 15, and a blower B in a casing 11. A hydrogen concentration sensor S for detecting the concentration of gaseous hydrogen is provided inside the casing 11. A branch line L7 having a selector valve SV on the way thereof and having a tip L7e opened inside the casing 11 is branched from an air supply line L2 for connecting the blower B to the fuel cell FC to each other. A control device 5 for the fuel cell device 10 controls the opening and closing of the selector valve SV on the basis of a detection value of the hydrogen concentration sensor S.

[51] Int'l Class: H01M00804 H01M00810

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-56864

(P2002-56864A)

(43) 公開日 平成14年2月22日 (2002.2.22)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

H 0 1 M 8/04  
8/10

識別記号

F I

H 0 1 M 8/04  
8/10

テーマコード(参考)

H 5 H 0 2 6  
5 H 0 2 7

審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2000-243118(P2000-243118)

(22) 出願日 平成12年8月10日(2000.8.10)

(71) 出願人 000006208

三菱重工業株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目5番1号

(72) 発明者 大本 節男

広島県広島市西区観音新町四丁目6番22号

三菱重工業株式会社広島研究所内

(72) 発明者 近藤 正実

広島県広島市西区観音新町四丁目6番22号

三菱重工業株式会社広島研究所内

(74) 代理人 100089118

弁理士 酒井 宏明 (外1名)

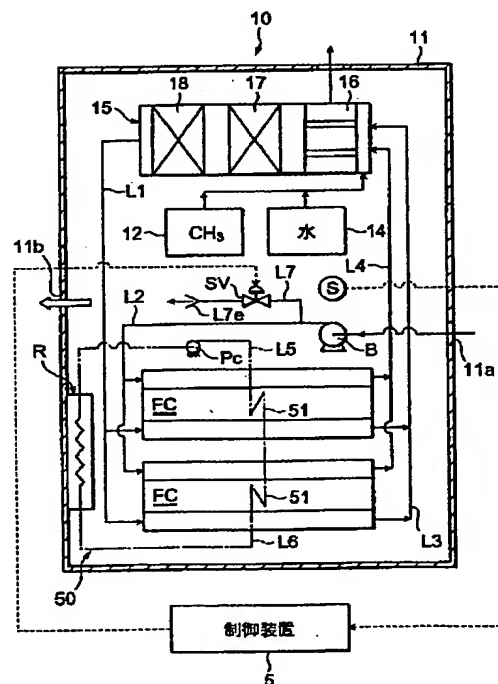
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 燃料電池装置、及び、燃料電池装置の運転方法

(57) 【要約】

【課題】 燃料電池の作動中に、燃料ガス等の漏洩が発生したとしても、安全性を万全に確保することができる燃料電池装置、及び、その運転方法の提供。

【解決手段】 燃料電池装置10では、燃料電池FC、燃料供給部12、水供給部14、改質器15、プロアB等がケーシング11の内部に収容されている。ケーシング11内には、水素ガスの濃度を検出する水素濃度センサSが設けられている。プロアBと燃料電池FCとを結ぶ空気供給ラインL2からは、中途に開閉弁SVを有すると共に先端部L7eがケーシング11内で開放された分岐ラインL7が分岐されている。燃料電池装置10の制御装置5は、水素濃度センサSの検出値に基づいて、開閉弁SVを開閉制御する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 アノードとカソードとの間に配置された高分子電解質を有する単セルとセパレータとを複数積層させた燃料電池を備え、前記各アノードと前記各カソードとで進行する電気化学反応によって電力を発生する燃料電池装置において、

前記燃料電池を収容するケーシングと、

前記ケーシング内の可燃性ガスの濃度を検出する濃度検出手段と、

前記ケーシング内の可燃性ガスをパージするためのガスパージ手段と、

前記濃度検出手段の検出値に基づいて、前記ガスパージ手段を制御する制御手段とを備えることを特徴とする燃料電池装置。

【請求項2】 前記ガスパージ手段は、前記各カソードにカソード反応ガスを供給するためのカソード反応ガス供給手段と、

前記カソード反応ガス供給手段と前記各カソードとを結ぶガスラインから分岐されており、先端が前記ケーシング内で開放されている分岐ラインと、

前記分岐ライン上に設けられており、前記制御手段によって制御される流路開閉手段とからなることを特徴とする請求項1に記載の燃料電池装置。

【請求項3】 前記ガスパージ手段は、前記燃料電池から排出される排ガスを流通させる排ガスラインと、

前記排ガスラインから分岐されており、先端が前記ケーシング内で開放されている分岐ラインと、

前記分岐ライン上に設けられており、前記制御手段によって制御される流路開閉手段とからなることを特徴とする請求項1に記載の燃料電池装置。

【請求項4】 前記ガスパージ手段は、前記各カソードにカソード反応ガスを圧送するカソード反応ガス供給手段と、

前記カソード反応ガス供給手段から圧送されるカソード反応ガスを駆動流体として利用し、前記ケーシング内に外気を導入するエゼクタとからなることを特徴とする請求項1に記載の燃料電池装置。

【請求項5】 前記ガスパージ手段は、前記燃料電池から排出される排ガスを流通させる排ガスラインと、前記排ガスラインを流通する排ガスを駆動流体として利用し、前記ケーシング内に外気を導入するエゼクタとからなることを特徴とする請求項1に記載の燃料電池装置。

【請求項6】 アノードとカソードとの間に配置された高分子電解質を有する単セルとセパレータとを複数積層させた燃料電池を備え、前記各アノードと前記各カソードとで進行する電気化学反応によって電力を発生する燃料電池装置の運転方法において、

前記燃料電池を収容するケーシング内の可燃性ガスの濃度を検出し、検出した可燃性ガスの濃度に基づいて、前記ケーシング内の可燃性ガスをパージすることを特徴とする燃料電池装置の運転方法。

【請求項7】 前記可燃性ガスの濃度が所定値を越えた際に、前記ケーシング内に外気を導入し、前記ケーシング内の可燃性ガスをパージすることを特徴とする請求項6に記載の燃料電池装置の運転方法。

【請求項8】 前記各カソードに供給されるカソード反応ガスの一部を利用して、前記ケーシング内の可燃性ガスをパージすることを特徴とする請求項7に記載の燃料電池装置の運転方法。

【請求項9】 前記ケーシングに外部と連通するエゼクタを設け、前記各カソードに供給されるカソード反応ガスの一部を利用して前記エゼクタを駆動し、前記ケーシング内に外気を導入することを特徴とする請求項7に記載の燃料電池装置の運転方法。

【請求項10】 前記ケーシングに外部と連通するエゼクタを設け、前記燃料電池から排出される排ガスの一部を利用して前記エゼクタを駆動し、前記ケーシング内に外気を導入することを特徴とする請求項7に記載の燃料電池装置の運転方法。

【請求項11】 前記可燃性ガスの濃度が所定値を越えた際に、前記燃料電池から排出される排ガスの一部を利用して、前記ケーシング内の可燃性ガスをパージすることを特徴とする請求項6に記載の燃料電池装置の運転方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

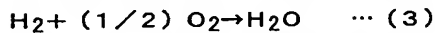
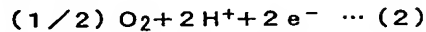
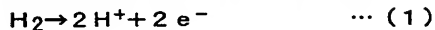
【発明の属する技術分野】本発明は、燃料電池装置、及び、その運転方法に関し、特に、高分子電解質を有する単セルとセパレータとを複数積層させた燃料電池によって電力を発生させる燃料電池装置、及び、その運転方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来から、アノードとカソードとの間に配置された電解質を有する燃料電池が知られている。この種の燃料電池は、電極活物質としての燃料ガス（アノード反応ガス）と酸化用ガス（カソード反応ガス）を利用した電気化学反応によって発生する電気エネルギーを直接取り出すものであり、特に、低温の作動領域において高い発電効率を有する。従って、燃料電池を備えた発電ユニットとしての燃料電池装置によれば、カルノー効率の制約を受ける熱機関と比較して、高い総合エネルギー効率を達成することが可能となり、また、電気化学反応に伴って発生する熱エネルギーの回収も容易である。

【0003】燃料電池の電極活物質、及び、電解質としては、水素、酸素、及び、プロトン伝導性電解質を用いるのが一般的である。この場合、アノードにおいて次の（1）式に、カソードにおいて（2）式に、それぞれ示

す電極反応が進行し、全体として(3)式に示す全電池反応が進行して起電力が発生する。



【0004】このような電気化学反応によって電力を発生する燃料電池は、電極活物質、電解質、及び、作動温度等によって分類されるが、中でも、電解質として高分子電解質を用いた、いわゆる高分子電解質型燃料電池

(PEFC)等は、小型軽量化が容易であることから、電気自動車等の移動車両等や家庭用発電ユニット(コジェネレーションシステム)等に適用する電源としての実用化が期待されている。高分子電解質型燃料電池では、プロトン導電性を有する陽イオン交換膜(固体高分子電解質膜)等をアノードとカソードとの間に配置して単セルを構成する。また、ガス不透過の導電材料を薄板状に形成すると共に、その両面に燃料ガス又は酸化用ガスの流路となる溝を形成し、セパレータを構成する。更に、適宜シール材等を介して、単セルとセパレータとを交互に複数積層させる。そして、所定の締付ボルト等を用いて、これら単セルとセパレータとを一体に締め付け、スタックを構成する。

#### 【0005】

【発明が解決しようとする課題】上述したような燃料電池装置を実用化するに際しては、次のような点に留意する必要がある。すなわち、燃料電池装置の運転中、燃料電池(スタック)の作動温度は、負荷要求等に応じて、例えば20℃(常温)~80℃(好適範囲をご教示下さい)程度の比較的広い範囲内で変化する。また、燃料電池装置の運転中、特に車載型では、燃料電池に振動や衝撃が作用する。従って、単セルとセパレータ等、各部材間に隙間が生じ、水素を含有する燃料ガスが漏洩してしまうことも想定される。この場合、仮に、単セルとセパレータとの間の隙間等から多少の燃料ガスが漏洩したとしても、装置全体の安全性を完全に確保することが極めて重要である。

【0006】そこで、本発明は、燃料電池の作動中に、燃料ガス等の漏洩が発生したとしても、安全性を完全に確保することができる燃料電池装置、及び、その運転方法の提供を目的とする。

#### 【0007】

【課題を解決するための手段】請求項1に記載の本発明による燃料電池装置は、アノードとカソードとの間に配置された高分子電解質を有する単セルとセパレータとを複数積層させた燃料電池を備え、各アノードと各カソードとで進行する電気化学反応によって電力を発生する燃料電池装置において、燃料電池を収容するケーシングと、ケーシング内の可燃性ガスの濃度を検出する濃度検出手段と、ケーシング内の可燃性ガスをバージするためのガスバージ手段と、濃度検出手段の検出値に基づい

て、ガスバージ手段を制御する制御手段とを備えることを特徴とする。

【0008】この燃料電池装置は、移動車両等や家庭用発電ユニット等の電源として採用すると好適なものであり、単セルとセパレータとを複数積層させた燃料電池を備える。単セルは、アノードとカソードとの間に高分子電解質を配置したものである。また、セパレータは、例えば、薄板状に形成され、アノード側の面にアノード反応ガス(燃料ガス)を流通させるための流路を、カソード側の面にカソード反応ガス(酸化用ガス)を流通させるための流路を有する。各単セルと各セパレータとは、交互に複数積層され、締付ボルト等の締付部材によって一体かつ強固に締め付けられ、スタックを構成する。

【0009】このような燃料電池は、アノード反応ガスを供給する改質装置、カソード反応ガスを供給するプロア若しくは圧縮機等、各種補機類等と共に、ケーシングの内部に收容される。燃料電池を收容したケーシングは、移動車両のシャシ等、所定箇所に設置される。そして、燃料電池(各単セル)の各カソードには、改質装置等で生成される水素含有ガス等のアノード反応ガス(燃料ガス)が供給される。また、燃料電池のカソードには、プロア等によって空気等のカソード反応ガス(酸化用ガス)が供給される。これにより、アノードでアノード反応ガスが、カソードでカソード反応ガスがそれぞれ電気化学反応し、燃料電池全体では所定の全電池反応が進行して起電力が得られる。

【0010】ここで、このような燃料電池装置の運転中、燃料電池の作動温度は、負荷要求等に応じて比較的広い範囲内で変化する。また、燃料電池装置の運転中、燃料電池には、振動や衝撃が作用する。従って、単セルとセパレータ等、各部材間に隙間が生じ、水素を含有する燃料ガスが漏洩し、ケーシング内に滞留してしまうことも想定される。この点に鑑みて、この燃料電池装置には、燃料電池を収容するケーシング内の可燃性ガス(水素ガス)の濃度を検出する濃度検出手段、ケーシング内の可燃性ガスをバージするためのガスバージ手段、及び、制御手段が備えられている。濃度検出手段は、ケーシング内の可燃性ガスの濃度を検出し、検出値を示す信号を制御手段に送出する。制御手段は、濃度検出手段の検出値に基づき、ケーシング内の可燃性ガス濃度が所定値(爆発下限界濃度以下の数値)を越えた際に、ガスバージ手段を作動させる。

【0011】これにより、燃料電池装置の運転中に、単セルとセパレータとの間に隙間が生じ、当該隙間から燃料ガス等が漏洩したとしても、ケーシング内に可燃性ガスが滞留してしまうことを防止することができる。例えば、燃料電池装置を車載型として構成した場合、車両等の停車中に周囲が無風状態であると、単セルとセパレータとの隙間から漏洩した燃料ガス(可燃性ガス)がケーシング内に滞留してしまうことが想定される。これに対

して、この燃料電池装置では、このような場合に、制御手段によってガスパージ手段が作動され、ケーシング内の可燃性ガスがパージされる。従って、この燃料電池装置では、ケーシング内に滞留した水素ガス等の可燃性ガスが着火（爆発）してしまうことを極めて確実に防止することができるので、装置全体の安全性を完全に確保することが可能となる。

【0012】また、ガスパージ手段は、各カソードにカソード反応ガスを供給するためのカソード反応ガス供給手段と、カソード反応ガス供給手段と各カソードとを結ぶガスラインから分岐されており、先端がケーシング内で開放されている分岐ラインと、分岐ライン上に設けられており、制御手段によって制御される流路開閉手段とからなると好ましい。

【0013】このような構成は、カソード反応ガスとして、空気を用いる場合に特に好適なものである。この場合、制御手段は、濃度検出手段の検出値に基づき、ケーシング内の可燃性ガス濃度が所定値を越えた際に、流路開閉手段を開放させる。これにより、ブロー等のカソード反応ガス供給手段によってケーシングの外部等から吸込まれた空気（カソード反応ガス）の一部が、分岐ラインからケーシングの内部に導入されることになる。この結果、既設のカソード反応ガス供給手段を利用して効率よくケーシング内部の可燃性ガスをパージ可能となる。また、パージ用ガスを別途準備しておくことが不要となる。

【0014】更に、ガスパージ手段は、各カソードにカソード反応ガスを圧送するカソード反応ガス供給手段と、カソード反応ガス供給手段から圧送されるカソード反応ガスを駆動流体として利用し、ケーシング内に外気を導入するエゼクタとからなると好ましい。

【0015】このような構成を採用すれば、ケーシング内の可燃性ガス濃度が所定値を越えた際に、カソード反応ガス供給手段からエゼクタに少量のカソード反応ガス（空気）を供給するだけで、ケーシング内に多量の外気を導入可能となる。これにより、エネルギー損失を低減させながら、ケーシング内部の可燃性ガスを効率よくパージすることが可能となる。

【0016】また、ガスパージ手段は、燃料電池から排出される排ガスを流通させる排ガスラインと、排ガスラインを流通する排ガスを駆動流体として利用し、ケーシング内に外気を導入するエゼクタとからなると好ましい。

【0017】このような構成を採用すれば、ケーシング内の可燃性ガス濃度が所定値を越えた際に、排ガスラインからエゼクタに少量のカソード反応ガス（空気）を導くだけで、ケーシング内に多量の外気を導入可能となる。これにより、エネルギー損失を低減させながら、ケーシング内部の可燃性ガスを効率よくパージすることが可能となる。

【0018】更に、ガスパージ手段は、燃料電池から排出される排ガスを流通させる排ガスラインと、排ガスラインから分岐されており、先端がケーシング内で開放されている分岐ラインと、分岐ライン上に設けられており、制御手段によって制御される流路開閉手段とからなると好ましい。

【0019】このような構成のもとでは、制御手段は、濃度検出手段の検出値に基づき、ケーシング内の可燃性ガス濃度が所定値を越えた際に、流路開閉手段を開放させる。これにより、燃料電池から排出される排ガス（カソード排ガス若しくはアノード排ガス）の一部が、分岐ラインからケーシングの内部に導入されることになる。この結果、燃料電池の排ガスを利用しながら、効率よくケーシング内部の可燃性ガスをパージ可能となる。また、パージ用ガスを別途準備しておくことが不要となり、ケーシング内部の可燃性ガスをパージするのに伴って発生するエネルギー損失を低減させることも可能となる。なお、この場合は、可燃成分の含有量が少ないカソード排ガスをパージ用ガスとして用いるとよい。

【0020】請求項6に記載の本発明による燃料電池装置の運転方法は、アノードとカソードとの間に配置された高分子電解質を有する単セルとセパレータとを交互に複数積層させた燃料電池を備え、各アノードと各カソードとで進行する電気化学反応によって電力を発生する燃料電池装置の運転方法において、燃料電池を収容するケーシング内の可燃性ガスの濃度を検出し、検出した可燃性ガスの濃度に基づいて、ケーシング内の可燃性ガスをパージすることを特徴とする。

【0021】また、可燃性ガスの濃度が所定値を越えた際に、ケーシング内に外気を導入し、ケーシング内の可燃性ガスをパージすると好ましい。

【0022】この場合、各カソードに供給されるカソード反応ガスの一部を利用して、ケーシング内の可燃性ガスをパージすると好ましい。

【0023】また、ケーシングに外部と連通するエゼクタを設け、各カソードに供給されるカソード反応ガスの一部を利用してエゼクタを駆動し、ケーシング内に外気を導入してもよい。

【0024】更に、ケーシングに外部と連通するエゼクタを設け、燃料電池から排出される排ガスの一部を利用してエゼクタを駆動し、ケーシング内に外気を導入してもよい。

【0025】また、可燃性ガスの濃度が所定値を越えた際に、燃料電池から排出される排ガスの一部を利用して、ケーシング内の可燃性ガスをパージすると好ましい。

【0026】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照しながら本発明による燃料電池装置、及び、燃料電池装置の運転方法の好適な実施形態について詳細に説明する。

【0027】〔第1実施形態〕図1は、本発明による燃料電池装置を適用可能な車両を示す概略構成図である。また、図2は、本発明による燃料電池装置の第1実施形態を示す系統図である。図1に示す車両1は、ステアリング機構2を備えた前輪Wfを電動モータ3によって駆動する電気自動車として構成されている。また、車両1は、電動モータ3に電力を供給するための燃料電池装置10を備える。燃料電池装置10は、固体高分子電解質型の燃料電池FCを複数備え、車両1のシャシ4に固定された制御装置5によって制御される。なお、燃料電池装置10に、直接メタノール型燃料電池(DMFC)を備えてもよい。また、前輪Wfの代わりに、電動モータ3により後輪Wrを駆動してもよく、更には、前輪Wf及び後輪Wrのそれぞれに電動モータを装備してもよい。

【0028】図1及び図2に示すように、燃料電池装置10は、鋼板と補強材等によって箱状に形成されたケーシング11を有する。ケーシング11は、その内部に各燃料電池FCや各種補機類を収容しており、車両1を構成するシャシ4(床下)に固定されている。また、燃料電池装置10には、図2に示すように、燃料ガスを生成するための燃料供給部12、水供給部14、及び、改質器15が備えられている。これら燃料供給部12、水供給部14、及び、改質器15もケーシング11の内部に収容されている。

【0029】燃料供給部12は、燃料ガスを生成するための燃料であるメタノール等を貯留する燃料タンクや燃料ポンプ等(何れも図示せず)を有する。同様に、水供給部14は、燃料(メタノール)を改質する際に改質用流体として利用される水を貯留する水タンクや水ポンプ等(何れも図示せず)を有する。また、改質器15は、蒸発部16、改質部17、及び、選択酸化部18を含む。燃料供給部12から供給されるメタノールと、水供給部14から供給される水とは、混合された後、蒸発部16で気化させられる。そして、蒸発部16で発生した混合蒸気は、Cu-Zn触媒等を備える改質部17で水蒸気改質される。更に、白金触媒等を備える選択酸化部18で、ガス中の一酸化炭素が選択的に酸化される。このようにして、改質器15で水素を含む燃料ガスが生成され、生成された燃料ガスは、燃料ガス供給ラインL1を介して、各燃料電池FCに供給される。

【0030】また、燃料電池装置10には、カソード反応ガスとしての空気を各燃料電池FCに供給するプロアB(カソード反応ガス供給手段)が備えられている。このプロアBもケーシング11内に収容されており、ケーシング11に設けられた空気取入口11aを介して、大気中の空気を吸込む。そして、プロアBは、所定圧力まで空気を昇圧させ、空気供給ラインL2を介して各燃料電池FCに供給する。これにより、各燃料電池FCには、圧縮されて所定温度(例えば、120℃程度)まで

昇温した空気が供給されることになる。なお、プロアBの代わりに圧縮機を使用してもよい。

【0031】図3は、燃料電池装置10に備えられている燃料電池FCを示す斜視図である。また、図4は、燃料電池FCの構成を説明するための断面図である。これらの図面に示すように、各燃料電池FCは、単セルUCとセパレータSPとを交互に多数積層させたスタック20を有する。スタック20は、シール材21を介して、各単セルUCのアノードA(図4参照)と電氣的に接続されるアノード集電板22と、各単セルUCのカソードC(図4参照)と電氣的に接続されるカソード集電板23とによって挟持されている。また、アノード集電板22とカソード集電板23との外方には、絶縁板24が配置されている。更に、各絶縁板24の外方には、スタック締付板25を介してフランジ26、27が配置されている。

【0032】そして、各フランジ26、27は、複数(本実施形態では、4本)の締付ボルトV及び図示しないナットによって連結されると共に強固に締め付けられている。これにより、スタック20(各単セルUC及び各セパレータSP)、シール材21、アノード集電板22、カソード集電板23、絶縁板24、スタック締付板25、フランジ26、27が一体化される。締付ボルトVとナットとを締結させる際には、例えば油圧式のボルトテンションナを利用し、各締付ボルトVに引張力を加えた状態で各ナットを装着する。これにより、フランジ26、27の間に、所定の締付圧力を保持した状態で、スタック20等を配置可能となる。なお、スタック締付板25とフランジ27との間には、皿ばね等の弾性体28を配置すると好ましく、これにより、燃料電池FCの温度上昇、温度降下によるスタック20の伸縮を吸収することができる。

【0033】また、燃料電池FCは、カソード集電板23側に位置するスタック締付板25の左上コーナー部を貫通する燃料ガス入口29(アノード反応ガス入口)を有し、この燃料ガス入口29には、改質器15と連なる燃料ガス供給ラインL1が接続される。また、燃料電池FCは、カソード集電板23側に位置するスタック締付板25の右上コーナー部を貫通する空気入口30(カソード反応ガス入口)を有し、この空気入口30には、プロアBと連なる空気供給ラインL2が接続される。これにより、燃料ガス入口29から各単セルUCのアノードAに燃料ガスが流れ込み、空気入口30から各単セルUCのカソードCに酸化用ガスとしての空気が流れ込むことになる。

【0034】各単セルUCについて説明すると、図4に示すように、各単セルUCは、電解質膜EMをガス拡散電極であるアノードAとカソードCとの間に配置したものである。電解質膜EMは、例えばフッ素系樹脂等の固体高分子材料によって形成されており、湿潤状態下で良

好なイオン伝導性を示すイオン交換膜である。電解質膜を構成する固体高分子材料としては、ナフイオン膜（デュポン社製）のほか、パーフルオロカーボンスルホン酸樹脂、ポリサルホン樹脂、パーフルオロカルボン酸樹脂、スルホン酸基を有するポリスチレン系陽イオン交換樹脂、フルオロカーボンマトリックスとトリフルオロエチレンとのグラフト共重合樹脂、ポリエチレンスルホン酸樹脂、及び、ポリビニルスルホン酸樹脂等を用いてもよい。

【0035】また、ガス拡散電極であるアノードA及びカソードCは、何れもガス拡散層と、ガス拡散層上に形成された反応層（触媒層）とからなる。ガス拡散層は、例えば、カーボンペーパー等からなる。このカーボンペーパーには、電気炉又はホットプレス等を用いた熱処理が施され、PTFE等を焼結させると共に界面活性剤を除去することにより反応層が形成される。また、反応層の表面には、電極触媒を構成する金属塩を含む溶液が塗布され、電気炉等で乾燥・熱分解させた後、水素還元等の処理が施される。これにより、アノードAとカソードCとが完成する。なお、アノードA及びカソードCは、カーボンフェルトや、炭素繊維からなるカーボクロス等を用いて構成してもよい。そして、上述したような構成を有するアノードA及びカソードCを、固体高分子材料からなる電解質膜EMに接合させることにより、単セルUCが完成する。

【0036】一方、単セルUCと共に、スタック20を構成するセパレータSPは、図4に示すように、1体の単セルUCに対して、アノードA側と、カソードC側とにそれぞれ1体ずつ装着される。セパレータSPは、例えば、カーボンを圧縮してガス不透過とした緻密質カーボンといったようなガス不透過の導電性部材により形成され、図5(a)及び図5(b)に示すように、矩形薄板状を呈する。ここで、図5(a)は、セパレータSPの表裏面のうち、アノードAと接する側の面（以下「アノード接触面」という）をアノードA側から見た平面図であり、図5(b)は、カソードCと接する側の面（以下「カソード接触面」という）をカソードC側から見た平面図である。

【0037】図5(a)及び図5(b)に示すように、セパレータSPの四隅には、側縁部に沿って延びる長穴状の開口部41、42、43、44が形成されている。また、セパレータSPのアノード接触面には、一端側が図5(a)中、右上の開口部41と連通し、他端側が図中左下の開口部43と連通するように、S字状に屈曲する複数の溝45が形成されている。更に、セパレータSPのカソード接触面には、一端側が図5(b)中、右上の開口部42と連通し、他端側が図中左下の開口部44と連通するように、S字状に屈曲する複数の溝46が形成されている。

【0038】このように構成されたセパレータSPと単

セルUCとを多数積層させてスタック20を構成すると、各開口部41、42、43、44は、それぞれ1本の流路を形成する。また、各セパレータSPのアノード接触面に形成された各溝45は、各単セルUCのアノードAの表面とにより、燃料ガス流路47を画成する（図4参照）。更に、各セパレータSPのカソード接触面に形成された各溝46は、各単セルUCのカソードCの表面とにより、空気流路48を画成する（図4参照）。そして、開口部41が形成する流路は、燃料ガス入口29と接続され、開口部42が形成する流路は、空気入口30と接続される。

【0039】これにより、改質器15で生成された燃料ガスは、燃料ガス入口29と、各セパレータSPの開口部41とを介して、各セパレータSPの各溝45とアノードAの表面とによって画成される燃料ガス流路47に流れ込む。そして、燃料ガスが燃料ガス流路47を流通すると、各アノードAで上記(1)式に示す反応が進行する。また、プロアBから供給される酸化用ガスとしての空気は、空気入口30と、各セパレータSPの開口部42が形成する流路とを介して、各セパレータSPの各溝46とカソードCの表面とによって画成される空気流路48に流れ込む。そして、空気が空気流路48を流通すると、各カソードCで上記(2)式に示す反応が進行する。この結果、各単セルUCで上記(3)式に示す全電池反応が進行し、各燃料電池FCのアノード集電板22とカソード集電板23とから起電力を得ることができる。

【0040】また、燃料電池FCのセパレータSPでは、燃料ガス流路47を画成する溝45と、空気流路48を画成する溝46とがS字状に屈曲させられている。従って、各単セルUCのアノードAに供給された燃料ガスは、S字状の燃料ガス流路47内を開口部41から開口部43に向けて規則的に進行し、燃料ガス流路47の途中におけるアノード反応サイトで消費されることになる。同様に、各単セルUCのカソードCに供給された空気は、S字状の空気流路48を開口部42から開口部44に向けて規則的に進行し、空気流路48の途中におけるカソード反応サイトで消費される。

【0041】これにより、燃料ガスと空気とは互いに逆方向かつ規則的に進行するので、電極反応の進行に伴う反応熱によって各アノードA及びカソードCに不均一な温度分布が生じてしまうことが効果的に抑制可能となる。この結果、各燃料電池FC内では、上記(1)式に示すアノード電極反応と上記(2)式に示すカソード電極反応とが良好に進行することになる。なお、燃料ガス流路47及び空気流路48はS字状のものに限られず、直線状等、他の形態の流路を画成するようにセパレータSPに溝45、46を形成してもよい。

【0042】燃料ガス流路47を流通しながらアノードAで反応した燃料ガスは、アノード排ガスとなり、各セ



バレータSPの開口部43が形成する流路に流れ込む。各セバレータSPの開口部43が形成する流路は、空気入口30の下方に配置されたアノード排ガス出口31

(図3参照)に接続されている。また、空気流路48を流通しながらカソードCで反応した空気は、カソード排ガスとなり、各セバレータSPの開口部44が形成する流路に流れ込む。各セバレータSPの開口部44が形成する流路は、燃料ガス入口29の下方に配置されたカソード排ガス出口32(図3参照)に接続されている。

【0043】各燃料電池FCのアノード排ガス出口31は、図2に示すように、アノード排ガスラインL3を介して、改質器15の蒸発部16に接続される。同様に、各燃料電池FCのカソード排ガス出口32も、カソード排ガスラインL4を介して、改質器15の蒸発部16に接続される。そして、各燃料電池FCの各アノードAで生成されたアノード排ガスは、改質器15の蒸発部16に設けられているバーナで燃料として、各カソードCで生成されたカソード排ガスは、蒸発部16で酸化剤として再利用される。

【0044】また、このように構成された各燃料電池FCは、上記(1)式に示すアノード電極反応と上記(2)式に示すカソード電極反応とが進行するにつれて発熱する。従って、各燃料電池FCの作動を安定化させるためには、その作動温度を略一定に維持することが重要である。このため、燃料電池装置10は、冷却媒体循環ポンプPcやラジエータR等から構成される冷却系統50を有する。この場合、冷却媒体循環ポンプPcやラジエータR等も、図2に示すように、ケーシング11の内部に収容されている。また、各燃料電池FCは内部に冷却媒体を流通させることができるように構成されている。

【0045】各燃料電池FCの冷却構造について説明すると、図5(a)及び図5(b)に示すように、スタック20を構成する各セバレータSPには、開口部41と開口部44との間に更なる開口部49aが形成されている。同様に、開口部42と開口部43との間には、開口部49aと対向するように開口部49bが形成されている。このように形成された各セバレータSPの開口部49a、49bは、セバレータSPと単セルUCとを多数積層させてスタック20を構成した際に、それぞれ、1本の流路を形成する。そして、各開口部49aが形成する流路と、各開口部49bが形成する流路とは、アノード集電板22側に配置されているフランジ26の内部に形成されている図示しない流路を介して互いに連通し、冷却流路51(図2参照)を形成する。

【0046】また、図3に示すように、燃料電池FCのフランジ27側には、冷却媒体入口33が設けられており、この冷却媒体入口33は、上記各開口部49aが形成する流路に接続される。更に、各燃料電池FCのフランジ27側には、冷却媒体出口34が設けられており、

この冷却媒体出口34は、上記各開口部49aが形成する流路に接続される。そして、冷却媒体入口33には、冷却媒体供給ラインL5を介して、冷却媒体循環ポンプPcが接続される。また、冷却媒体出口34には、冷却媒体戻りラインL6が接続され、当該冷却媒体戻りラインL6の中途には、ラジエータRが組み込まれている。

【0047】従って、冷却媒体循環ポンプPcを作動させれば、冷却媒体入口33を介して、冷却水等の冷却媒体が各燃料電池FCの冷却流路に導入される。スタック20等から熱を奪って昇温した冷却水等は、冷却媒体出口34、冷却媒体戻りラインL6を介して、ラジエータRに戻される。冷却水等は、ラジエータRで冷却され、冷却媒体循環ポンプPcによって再度、各燃料電池FCに対して供給される。これにより、各燃料電池FCの作動温度は、常に好適範囲(例えば、60℃~80℃程度)に保たれる。

【0048】ところで、燃料電池装置10の運転中、各燃料電池FCの作動温度は、負荷要求等に応じて、ある程度の広範囲にわたって変化し、また、各燃料電池FCに、振動や衝撃が作用することも考えられる。従って、単セルUCとセバレータSP等、燃料電池FCを構成する各部材間に隙間が生じ、水素を含有する燃料ガスが漏洩し、ケーシング11内に滞留してしまうことも想定される。

【0049】この点に鑑みて、この燃料電池装置10では、ケーシング11の内部に、水素濃度センサ(濃度検出手段)Sが配置されている。水素濃度センサSは、信号ラインを介して、ケーシング11の外部に設けられている制御装置5に接続されており、各燃料電池FCを収容するケーシング11の内部の水素ガス濃度(可燃性ガス濃度)を検出し、検出値を示す信号を制御装置5に送出する。また、制御装置5の図示しない記憶装置には、水素濃度センサSの検出値と比較するための閾値を示すデータが記憶されている。当該閾値を示すデータは、ケーシング11内の容積に対する水素ガス(可燃性ガス)の爆発下限濃度よりも小さい数値、例えば、爆発下限濃度(水素の場合、25℃、1.01325×10<sup>5</sup>Paの下で、ケーシング容積の約4%)の1/10程度の数値に定められる。

【0050】更に、フロアB(カソード反応ガス供給手段)と各燃料電池FCのカソードCとを結ぶ空気供給ラインL2からは、分岐ラインL7が分岐されている。分岐ラインL7は、中途に電磁弁等からなる開閉弁SVを有する。開閉弁SVのアクチュエータ部は、信号ラインを介してケーシング11の外部に設けられている制御装置5に接続されており、開閉弁SVは、制御装置5によって開閉制御される。また、分岐ラインL7の先端部L7eは、ケーシング11の内部で開放されている。これらフロアB、分岐ラインL7、及び、開閉弁SVは、ケーシング11内の水素ガス(可燃性ガス)をバージする



ためのガスバージ手段として機能する。

【0051】次に、上述した車両1に備えられている燃料電池装置10の動作について説明する。まず、車両1の走行を開始させるに際しては、制御装置5によって燃料供給部12の燃料ポンプ、水供給部14の水ポンプ、及び、プロアBを作動させる。これにより、改質器15に燃料（メタノール等）と改質用水とが供給される。そして、各燃料電池FCには、改質器15から燃料ガス（アノード反応ガス）が供給され、プロアBから酸化用ガスとしての空気（カソード反応ガス）が供給される。これにより、各燃料電池FCから車両1の電動モータ3に、各単セルUCの各アノードAと各カソードCで進行する電気化学反応により発生した電力が供給される。制御装置5は、電動モータ3側からの負荷要求に応じて、燃料電池装置10を制御する。

【0052】この間、水素濃度センサSは、ケーシング11内の水素ガスの濃度を検出し、検出値を示す信号を制御装置5に送出する。制御装置5は、水素濃度センサSから受け取った信号と、記憶装置に記憶されているデータとに基づき、水素濃度センサSによる検出値と閾値とを比較する。そして、制御装置5は、水素濃度センサSによる検出値が閾値を越えたと判断した際、つまり、ケーシング11内の水素ガス濃度が予め定められている爆発下限界濃度以下の数値を越えた際に、ガスバージ手段を作動させべく、分岐ラインL7の開閉弁SVを開放させる。

【0053】これにより、ケーシング11内の水素ガス濃度が閾値を越えた場合、プロアBによって空気取入口11aを介してケーシング11の外部から吸込まれた空気（カソード反応ガス）の一部が、分岐ラインL7の先端部L7eからケーシング11の内部に導入されることになる。この結果、ケーシング11内部に滞留している水素ガスは、分岐ラインL7からケーシング11の内部に導入された空気によってバージされ、ケーシング11の任意の箇所に設けられている開口部11bから外部に排出される。制御装置5は、ケーシング11内の水素ガス濃度を十分に低下させるのに必要な時間が経過した段階で、又は、水素濃度センサSの検出値が所定値を下回った段階で、ガスバージ手段を停止させるべく、開閉弁SVを閉鎖させる。

【0054】このように、燃料電池装置10では、運転中に、単セルUCとセパレータSPとの間に隙間が生じ、当該隙間から燃料ガス等が漏洩したとしても、ケーシング11内に水素ガス（可燃性ガス）が滞留してしまうことを防止することができる。特に、車両1に適用される燃料電池装置10では、車両1の停車中であって周囲が無風状態であるような場合、単セルUCとセパレータSPとの隙間から漏洩した燃料ガス（可燃性ガス）がケーシング11内に滞留してしまうことが想定される。

【0055】これに対して、燃料電池装置10では、こ

のような場合に、制御装置5によって開閉弁SVが開放され、ケーシング11内の水素ガスがバージされる。従って、燃料電池装置10では、ケーシング11内に滞留した水素ガスが着火（爆発）してしまうことを極めて確実に防止することができる。この結果、装置全体の安全性を完全に確保することが可能となる。また、燃料電池装置10では、既設のプロアB（カソード反応ガス供給手段）を利用して効率よくケーシング11内部の水素をバージ可能であり、また、バージ用ガスを別途準備しておくことが不要となる。

【0056】なお、プロアBは、ケーシング11の外部から吸込んだ空気を昇圧させるため、プロアBから吐出される空気は昇温している。従って、ケーシング11内部の温度を必要以上に上昇させることを防止するためには、開閉弁SVを開放させる時間を短めに設定すると好ましい。この場合、分岐ラインL7の中途に冷却系統50等を流通する冷却媒体を利用した降温手段（熱交換器）を設けてもよい。また、分岐ラインL7には、開閉弁SVを設ける代わりに、流量調整弁を設けてもよい。この場合、制御装置5を、水素濃度センサSの検出値に基づいて流量調整弁の開度を調整するものとして構成する。これにより、ケーシング11内の水素濃度（可燃性ガス濃度）を低下させることができる。更に、水素濃度センサSは、ケーシング11の内部に複数設けてもよく、開口部11bもケーシング11の複数箇所に設けてもよい。加えて、燃料電池装置10は、車両1に搭載される車載型の装置として説明したが、これに限られるものではない。すなわち、燃料電池装置10は、定置型の装置として構成することも可能である。

【0057】〔第2実施形態〕以下、図6を参照しながら、本発明による燃料電池装置の第2実施形態について説明する。なお、上述した第1実施形態に関して説明した要素と同一の要素については同一の符号を付し、重複する説明は省略する。

【0058】図6に示す燃料電池装置10Aも、図1に示した車両1や定置型の発電ユニット等に適用可能なものである。この燃料電池装置10Aでは、ケーシング11の内部にエゼクタEが備えられている。エゼクタEの流体吸込口は、ケーシング11の任意の箇所に設けられた開口部11cを介してケーシング11の外部と連通している。また、プロアB（カソード反応ガス供給手段）と各燃料電池FCのカソードCとを結ぶ空気供給ラインL2からは、分岐ラインL7が分岐されている。分岐ラインL7は、中途に電磁弁等からなる開閉弁SVを有する。そして、分岐ラインL7の先端は、エゼクタEの駆動流体入口に接続されている。

【0059】このように構成された燃料電池装置10Aの運転中、水素濃度センサSは、ケーシング11内の水素ガスの濃度を検出し、検出値を示す信号を制御装置5に送出する。制御装置5は、水素濃度センサSから受け

取った信号と、記憶装置に記憶されているデータとに基づき、水素濃度センサSによる検出値と閾値とを比較する。そして、制御装置5は、水素濃度センサSによる検出値が閾値を越えたと判断した際、つまり、ケーシング11内の水素ガス濃度が予め定められている爆発下限界濃度以下の数値を越えた際に、分岐ラインL7の開閉弁SVを開放させる。

【0060】これにより、ケーシング11内の水素ガス濃度が閾値を越えた場合、フロアBによって空気取入口11aを介してケーシング11の外部から吸込まれた空気（カソード反応ガス）の一部が、エゼクタEに駆動流体として供給されることになる。この結果、エゼクタEによって、外気が吸込まれ、ケーシング11の内部に導入される。従って、ケーシング11の内部に滞留している水素ガスは、エゼクタEによってケーシング11内に導入された空気によってパージされ、ケーシング11の任意の箇所に設けられている開口部11bから外部に排出される。

【0061】このように、燃料電池装置10Aでは、ケーシング11内の水素ガス濃度が閾値を越えた場合、カソード反応ガス供給手段としてのフロアBからエゼクタEに少量の空気（カソード反応ガス）を供給するだけで、ケーシング11内に多量の外気を導入可能となる。この結果、エネルギー損失を低減させながら、ケーシング11内部の水素ガス（可燃性ガス）を効率よくパージすることが可能となる。また、基本的に常温の大気を利用してケーシング11内の水素ガスをパージできるので、ケーシング11内部の温度を必要以上に上昇させてしまうおそれもない。更に、パージ用ガスを別途準備しておくことも不要となる。

【0062】〔第3実施形態〕以下、図7を参照しながら、本発明による燃料電池装置の第3実施形態について説明する。なお、上述した第1実施形態等に関して説明した要素と同一の要素については同一の符号を付し、重複する説明は省略する。

【0063】図7に示す燃料電池装置10Bも、図1に示した車両1や定置型の発電ユニット等に適用可能なものである。この燃料電池装置10Bにも、ケーシング11の内部にエゼクタEが備えられている。エゼクタEの流体吸込口は、ケーシング11の任意の箇所に設けられた開口部11cを介してケーシング11の外部と連通している。一方、燃料電池装置10Bでは、各燃料電池FCの各カソードCと改質器15の蒸発部16とを結ぶカソード排ガスラインL4から、分岐ラインL7が分岐されている。分岐ラインL7は、中途に電磁弁等からなる開閉弁SVを有する。そして、分岐ラインL7の先端は、エゼクタEの駆動流体入口に接続されている。

【0064】このように構成された燃料電池装置10Aの運転中、水素濃度センサSは、ケーシング11内の水素ガスの濃度を検出し、検出値を示す信号を制御装置5

に送出する。制御装置5は、水素濃度センサSから受け取った信号と、記憶装置に記憶されているデータとに基づき、水素濃度センサSによる検出値と閾値とを比較する。そして、制御装置5は、水素濃度センサSによる検出値が閾値を越えたと判断した際、つまり、ケーシング11内の水素ガス濃度が予め定められている爆発下限界濃度以下の数値を越えた際に、分岐ラインL7の開閉弁SVを開放させる。

【0065】これにより、ケーシング11内の水素ガス濃度が閾値を越えた場合、各燃料電池FCから排出される排ガス、すなわち、各カソードCから排出されるカソード排ガスの一部が、エゼクタEに駆動流体として供給されることになる。この結果、エゼクタEによって、外気が吸込まれ、ケーシング11の内部に導入される。従って、ケーシング11の内部に滞留している水素ガスは、エゼクタEによってケーシング11内に導入された空気によってパージされ、ケーシング11の任意の箇所に設けられている開口部11bから外部に排出される。

【0066】このように、燃料電池装置10Bでは、ケーシング11内の水素ガス濃度が閾値を越えた場合、各燃料電池FCの各カソードCから排出されるカソード排ガスを供給するだけで、ケーシング11内に多量の外気を導入可能となる。この結果、各燃料電池FCの排ガス（カソード排ガス）を利用しながら、効率よくケーシング11内部の水素ガスをパージ可能となる。また、パージ用ガスを別途準備しておくことが不要となる。更に、カソード排ガスを利用してエゼクタEを駆動するので、ケーシング11内部の水素ガスをパージするのに伴って発生するエネルギー損失を低減させることも可能となる。加えて、基本的に常温の大気を利用してケーシング11内の水素ガスをパージできるので、ケーシング11内部の温度を必要以上に上昇させてしまうおそれもない。

【0067】〔第4実施形態〕以下、図8を参照しながら、本発明による燃料電池装置の第4実施形態について説明する。なお、上述した第1実施形態等に関して説明した要素と同一の要素については同一の符号を付し、重複する説明は省略する。

【0068】図8に示す燃料電池装置10Cも、図1に示した車両1や定置型の発電ユニット等に適用可能なものである。この燃料電池装置10Cでは、各燃料電池FCの各カソードCと改質器15の蒸発部16とを結ぶカソード排ガスラインL4から、分岐ラインL7が分岐されている。分岐ラインL7は、中途に電磁弁等からなる開閉弁SVを有する。そして、分岐ラインL7の先端部L7eは、ケーシング11の内部で開放されている。

【0069】このように構成された燃料電池装置10Cの運転中、水素濃度センサSは、ケーシング11内の水素ガスの濃度を検出し、検出値を示す信号を制御装置5に送出する。制御装置5は、水素濃度センサSから受け取った信号と、記憶装置に記憶されているデータとに基

づき、水素濃度センサSによる検出値と閾値とを比較する。そして、制御装置5は、水素濃度センサSによる検出値が閾値を越えたと判断した際、つまり、ケーシング11内の水素ガス濃度が予め定められている爆発下限界濃度以下の数値を越えた際に、分岐ラインL7の開閉弁SVを開放させる。

【0070】これにより、ケーシング11内の水素ガス濃度が閾値を越えた場合、各燃料電池FCから排出される排ガス、すなわち、各カソードCから排出されるカソード排ガスの一部が、分岐ラインL7の先端部L7eからケーシング11の内部に導入されることになる。この結果、ケーシング11の内部に滞留している水素ガスは、各燃料電池FCの排ガス、すなわち、各カソードCから排出されるカソード排ガスによってバージされ、ケーシング11の任意の箇所に設けられている開口部11bから外部に排出される。

【0071】このように、燃料電池装置10C、各燃料電池FCの排ガスを利用しながら、効率よくケーシング11内部の水素ガスをバージ可能となる。また、バージ用ガスを別途準備しておくことが不要となる。更に、カソード排ガスをバージ用ガスとして利用するので、水素ガスのバージに伴うフロアBの負担をなくすることが可能となり、エネルギー損失を低減させることも可能となる。加えて、比較低温のカソード排ガスを利用してケーシング11内の水素ガスをバージできるので、ケーシング11内部の温度を必要以上に上昇させてしまうおそれもない。また、バージ用ガスとして、酸素の含有量が少ないカソード排ガスを利用することにより、装置全体の安全性をより一層高めることができる。この場合は、可燃成分の含有量が少ないカソード排ガスをバージ用ガスとして用いると好ましいが、アノード排ガスをバージ用ガスとして用いてもよい。

【0072】

【発明の効果】以上説明したように、本発明による燃料電池装置は、燃料電池を収容するケーシングと、ケーシング内の可燃性ガスの濃度を検出する濃度検出手段と、ケーシング内の可燃性ガスをバージするためのガスバージ手段と、濃度検出手段の検出値に基づいて、ガスバージ手段を制御する制御手段とを備える。そして、本発明による燃料電池装置の運転方法では、燃料電池を収容す

るケーシング内の可燃性ガスの濃度を検出し、検出した可燃性ガスの濃度に基づいて、ケーシング内の可燃性ガスをバージする。この結果、燃料電池の作動中に、燃料ガス等の漏洩が発生したとしても、安全性を万全に確保することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による燃料電池装置を適用可能な車両を示す概略構成図である。

【図2】本発明による燃料電池装置の第1実施形態を示す系統図である。

【図3】図1及び図2の燃料電池装置に備えられた燃料電池を示す斜視図である。

【図4】図3に示す燃料電池の構成を説明するための断面図である。

【図5】図5(a)は、図4に示すセパレータをアノード側からみた平面図であり、図5(b)は、図4に示すセパレータをカソード側からみた平面図である。

【図6】本発明による燃料電池装置の第2実施形態を示す系統図である。

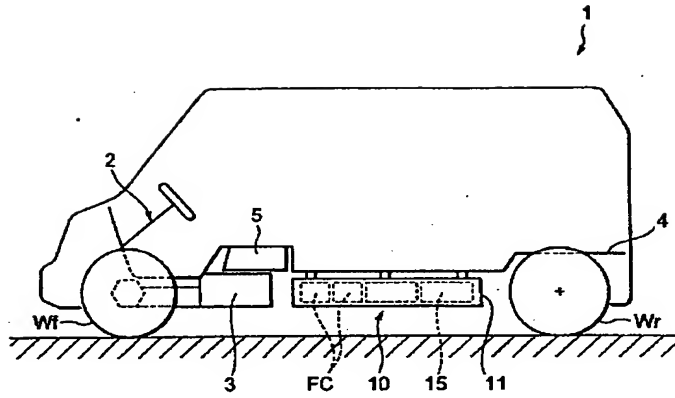
【図7】本発明による燃料電池装置の第3実施形態を示す系統図である。

【図8】本発明による燃料電池装置の第4実施形態を示す系統図である。

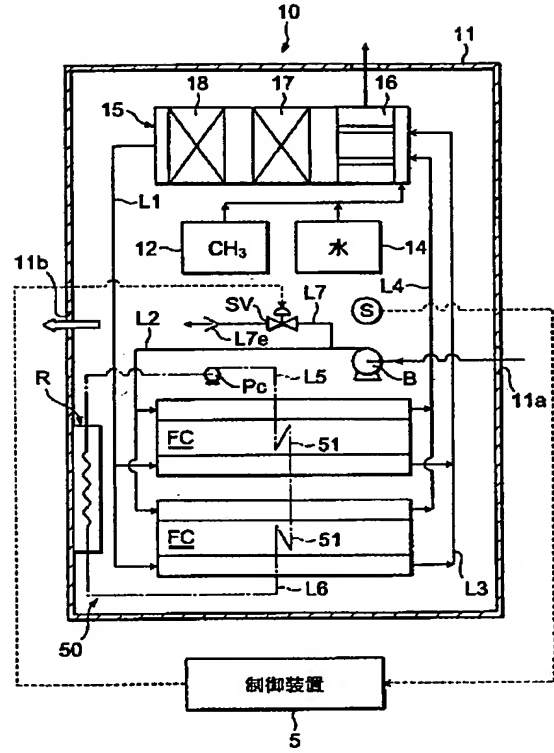
【符号の説明】

1…車両、3…電動モータ、4…シャシ、5…制御装置、10、10A、10B、10C…燃料電池装置、11…ケーシング、11b…開口部、12…燃料供給部、14…水供給部、15…改質器、20…スタック、22…アノード集電板、23…カソード集電板、25…スタック締付板、26、27…フランジ、29…燃料ガス入口、30…空気入口、31…アノード排ガス出口、32…カソード排ガス出口、47…燃料ガス流路、48…空気流路、50…冷却系統、A…アノード、B…フロア、C…カソード、E…エゼクタ、EM…電解質膜、FC…燃料電池、L1…燃料ガス供給ライン、L2…空気供給ライン、L3…アノード排ガスライン、L4…カソード排ガスライン、L7…分岐ライン、L7e…先端部、S…水素濃度センサ、SP…セパレータ、SV…開閉弁、UC…単セル。

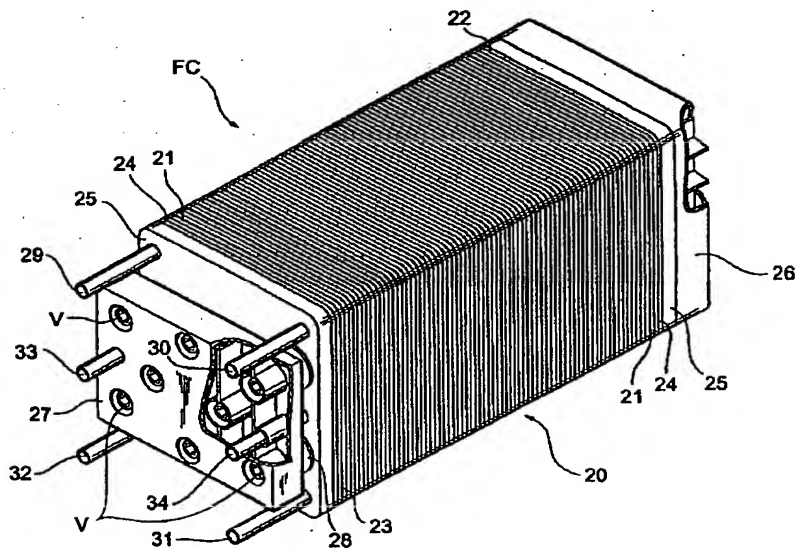
【図1】



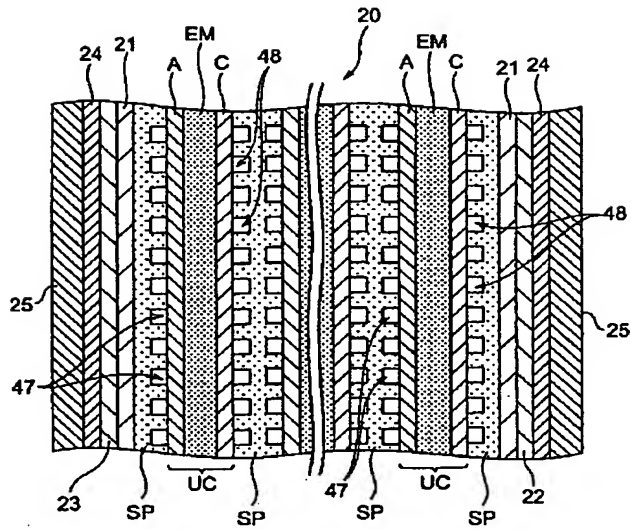
【図2】



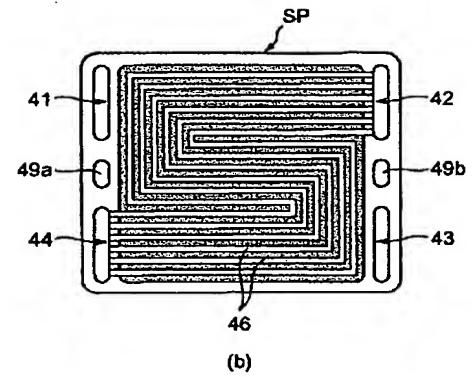
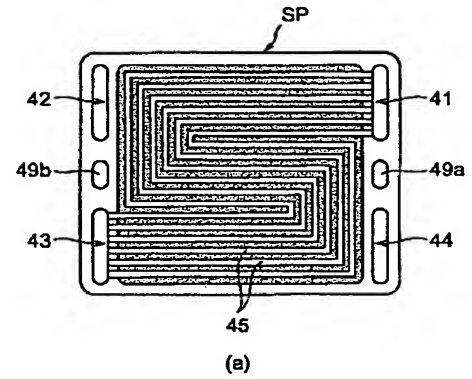
【図3】



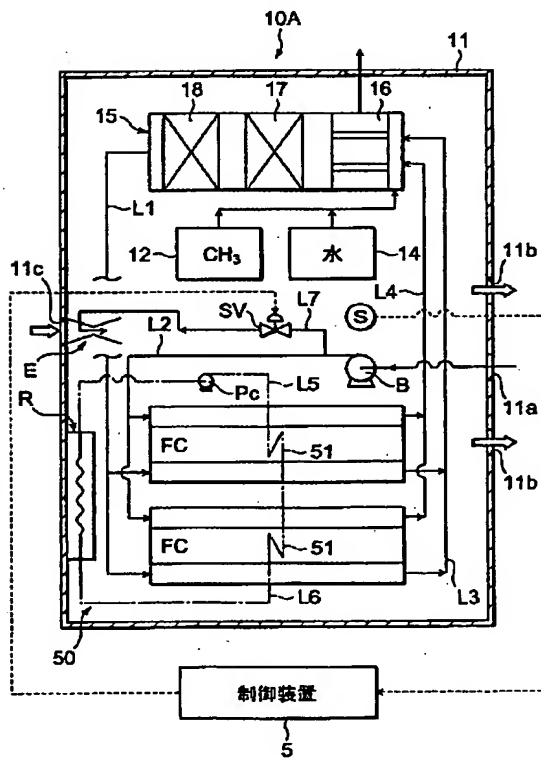
【図4】



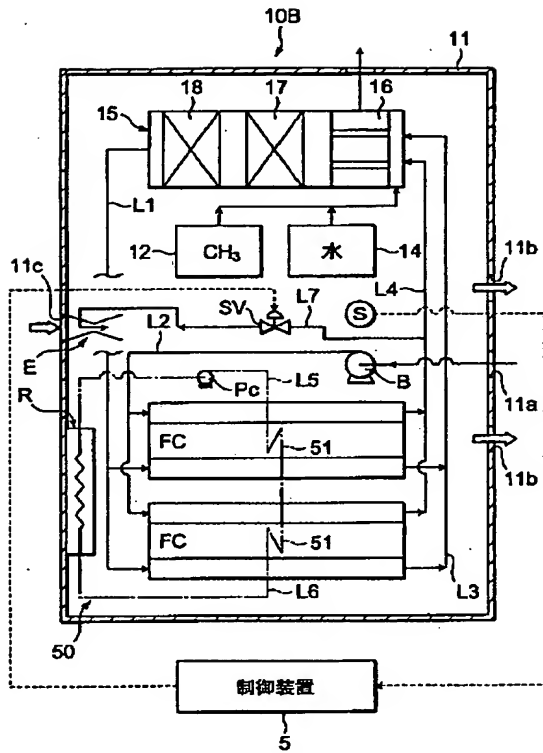
【図5】



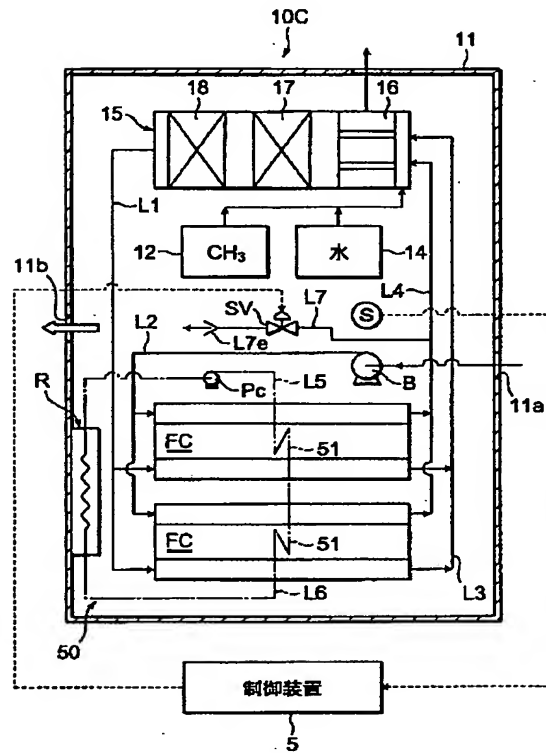
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(72)発明者 藤川 圭司  
 広島県広島市西区観音新町四丁目6番22号  
 三菱重工業株式会社広島研究所内

Fターム(参考) 5H026 AA06 CC03 CX06 CX10  
 5H027 AA06 BA01 BA19 BC19 CC06  
 KK21 KK31 MM02 MM20